

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Diplomová práce

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Výroba nátrubku pro rozvětvení
potrubí
Production Adapter for Branching Pipe

Student:	Bc. Radim Sonnek
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Jaromír Adamec, Ph.D.

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Radim Sonnek

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

2303T002 Strojírenská technologie

Téma:

**Výroba nátrubku pro rozvětvení potrubí
Production Adapter for Branching Pipe**

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rozbor výroby švových trubek a svařovaných strojních součástí pro páru a vodu
2. Navrhněte technologii výroby nátrubku pro rozvětvení potrubí
3. Proveďte návrh technologie soustružení trubkových závitů na nátrubcích s ohledem na montáž
4. Proveďte praktické ověření navržené technologie
5. Proveďte technicko-ekonomické vyhodnocení navržené technologie obrábění.

Seznam doporučené odborné literatury:

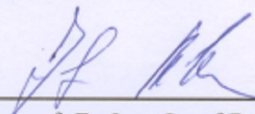
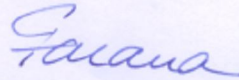
- VLACH, Bohumil. *Technologie obrábění na číslicově řízených strojích*. Praha: SNTL Praha, 1982. 395 s.
- JANDEČKA, Karel. *Programování NC strojů*. Plzeň: ZČU Plzeň, 2000. 159 s. ISBN 80-7082-692-4.
- ADAMEC, Jaromír; SMOLKOVÁ, Hana. *Příklady programů pro číslicově řízené obráběcí stroje*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004. 72 s. ISBN 80-248-0250-3.
- ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jaromír Adamec, Ph.D.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010


prof. Dr. Ing. Josef Brychta
vedoucí katedry
prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Jakubčovicích 9.5. 2010

A rectangular stamp with a blue grid background. Inside the stamp, the name "Adam Šimek" is written in a cursive, handwritten style in blue ink.

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 9.5. 2010



Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Radim Sonnek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Jakubčovice 148, 7474

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

SONNEK, R. Výroba nátrubku pro rozvětvení potrubí: diplomová práce. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, katedra obrábění a montáže, 2010, 39 s. Vedoucí práce: Adamec, J.

Diplomová práce se zabývá návrhem výroby nátrubku pro rozvětvení potrubí. Je zaměřena na řešení problematiky soustružení závitů tenkostěnných trubek. Úvod práce je zaměřen na působení deformací a napětí při soustružení.

Na základě experimentu je navrženo upnutí s minimálním vyložením obrobku pro soustružení. Je zajištěna dostatečná tuhost, která umožní snížení výrobního času a ceny výrobku.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

SONNEK, R. Production Adapter for Branching Pipe. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Shap and Fitting, 2010, 39 p. Thesis head: Adamec, J.

Master thesis is dealing production Adapter for Branching Pipe. The work are concentrate on turning worm thin-walled tube. The introduction the work are concentrate on react deformation and stretch in turning.

On the basis experiment is bring in fixturing with minimal land work for turning. This provision enough tool work which bring down cost of production.

Seznam použitého značení

<i>Symbol</i>	<i>Jednotky</i>	<i>Význam</i>
R_e	$[MPa]$	Mez kluzu
R_m	$[MPa]$	Pevnost v tahu
KCV	$[J/cm^2]$	Vrubová houževnatost
K_{IC}	$[MPa.m^{1/2}]$	Lomová houževnatost
R_p	$[MPa]$	Nížší mez kluzu
A_5	$[\%]$	Nejnižší tažnost
R_a	$[\mu m]$	Střední hodnota drsnosti povrchu

Obsah práce:

1. Rozbor výroby švových trubek a svařovaných strojních součástí	9
1.1. Výroba trubek z plechů a pásů	9
1.2. Obecná ustanovení.....	9
1.3. Požadavky na volbu základního materiálu	10
1.3.1. Nekonenční mechanické charakteristiky ocelí	10
1.3.2. Výroba ocelové svařované trubky dle ČSN EN 10219-2	11
1.4. Napětí vznikající při svařování	12
2. Návrh technologie výroby nátrubku	16
2.1. Materiál S235G2T.....	17
2.2. Soustruh SU50.....	19
2.3. Stroj SPT 16 NC.....	20
3. Soustružení trubkových závitů G1" a G2" na NC stroji SPT 16.....	22
3.1. Návrh technologie výroby	23
4. Technicko - ekonomické ověření navržené technologie v praxi	32
4.1. Technologie soustružení trubkových závitů	32
4.2. Snížení výrobního času při soustružení	34
4.2.1. Řídicí systém Sinumerik 810D/ 840D	34
4.3. Ekonomické hledisko	37

1. Rozbor výroby švových trubek a svařovaných strojních součástí

1.1. Výroba trubek z plechů a pásů

Výroba trubek se neustále vyvíjí a zdokonaluje, ať už se jedná o trubky švové či bezešvé. Samotný základ však zůstává stále stejný. Výroba vychází z hutnických polotovarů, kdy se využívá válcování, tažení, vytlačování a svařování. [8]

Švové svařované trubky

U krátkých trubek s podélným švem se svařované hrany upraví a svaří. U svařování dlouhých trubek se trubky s podélným švem vyrábí z pásové nebo ploché oceli, která se zkružuje a při svařování je stlačována kladkami. Kotoučové elektrody jsou přitlačovány velkým tlakem. Rychlost svařování je až 70 m/min při velmi dobré jakosti svaru. Takto lze svařovat trubky z nízkouhlíkových ocelí o průměru 7 až 100 mm a tloušťky stěny 1 až 20 mm. [8]

1.2. Obecná ustanovení

Konstrukční úpravy svarových spojů (např. úprava ploch pro svařování) ovlivňuje výši vrubových účinků spoje. Proto po konstrukční stránce musí být svarový spoj navržen tak, aby vyhovoval všem pevnostním a provozním požadavkům. [1]

Posouzení vhodnosti základního materiálu pro svařování je určena:

- chemický složení materiálu
- způsobem jeho výroby
- technologií tváření, případně odlévání
- technologií tepelného zpracování
- mechanickými vlastnostmi materiálu

Jakost svařovaného spoje je ovlivněna:

- základním materiálem
- metodou svařování
- postupem svařování
- přídavným materiálem
- svarovými úkosi a jejich přípravou
- tepelným příkonem
- způsobem svařování
- předehevem, dohřevem
- tepelným zpracováním po svařování

1.3. Požadavky na volbu základního materiálu

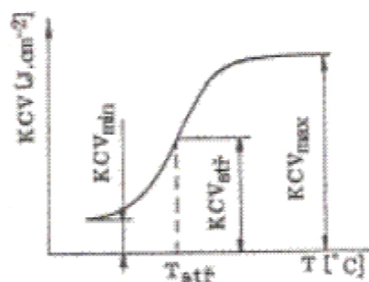
Po schválení evropských norem pro základní materiály a jejich zavedení do ČSN platí v ČR od roku 1995 současně řada norem ČSN EN a původních norem ČSN pro základní materiály. [1]

Velikost zatížení ovlivňuje volbu materiálu dle meze kluzu R_e a pevnosti v tahu R_m . Při opakovaném zatížení není vhodné volit oceli s poměrem $R_e/R_m > 0,8$, kdy dochází ke snížení houževnatosti (tažnosti) ocelí. [1]

Úroveň teploty, při které bude materiál pracovat, ovlivní výběr oceli dle odolnosti proti porušení křehkým lomem. Lze při tom použít přístupu lomové mechaniky. Při zjištění vady v materiálu konstrukce během provozu pomocí nedestruktivních kontrol, se určuje rychlost růstu vady a její velikost na konci předpokládané životnosti konstrukce. [1]

1.3.1. Nekonvenční mechanické charakteristiky ocelí

K posouzení odolnosti proti porušení materiálu konstrukcí křehkým lomem se kromě měření vrubové houževnatosti KCV (Obr. 1) používají také nekonvenční materiálové charakteristiky: [1]



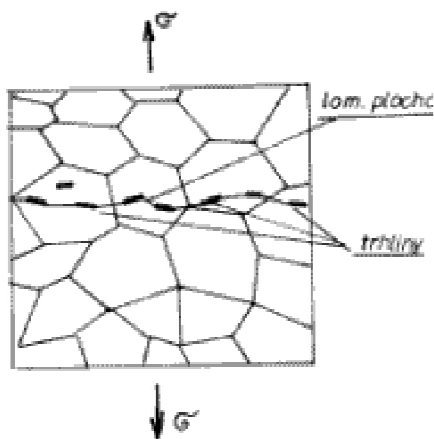
Obr. 1 Vrubová houževnatost KCV [1]

K_{IC} - lomová houževnatost materiálu při níž za stavu rovinné deformace nastane iniciace nestabilního růstu trhliny při statickém zatížení

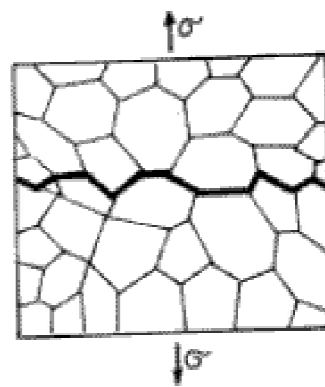
Velikosti výše uvedených parametrů mechanických charakteristik ocelí ovlivňuje prostředí, ve kterém materiál plní svou funkci. Např. vlivem korozivního prostředí se odolnost materiálu proti porušení křehkým lomem snižuje. [1]

Způsob šíření trhliny v kovových materiálech:

- Transkrystalický lom, způsob šíření trhliny je realizován mezi zrnny
- Interkrystalický lom, způsob šíření trhliny je realizován po hranicích zrn



Obr. 2 Transkrystalický lom [1]



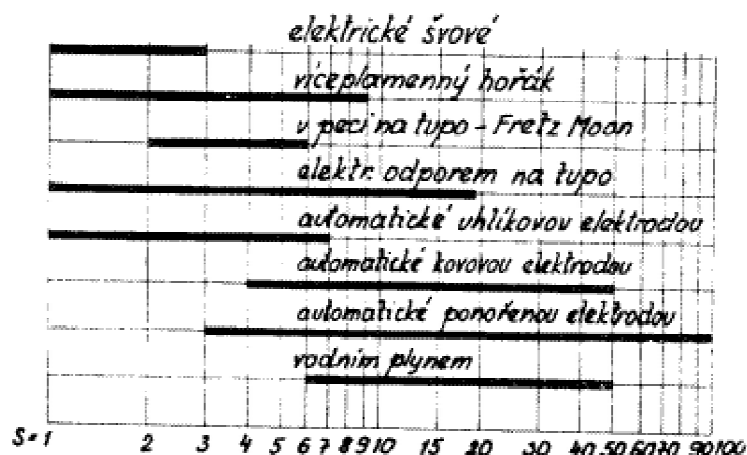
Obr. 3 Interkrystalický lom [1]

1.3.2. Výroba ocelové svařované trubky dle ČSN EN 10219-2

Svařovaná trubka je válec stlačený z ocelového plechu a svařena ve šterbině zbylé mezi styčnými hranami. [2]

Výroba svařování trubek se skládá ze dvou operací:

- zakružování výchozího materiálu, kterým je plech válcovaný za tepla či za studena
- vlastní svařování



Obr. 4 Možnost použití různých druhů svařování pro různé tloušťky stěn trubek [2]

1.4. Napětí vznikající při svařování

Napětí vznikající ve svaru a jeho bezprostředním okolí se označují jako aktivní. Napětí reaktivní vzniká v důsledku tuhosti svařence jako reakce na aktivní napětí. [3]

Vnitřní napětí dělíme dle následujících hledisek:

➤ *Dle charakteru vzniku napětí*

- a) Teplotní - napětí vznikající v důsledku nerovnoměrného ohřevu a ochlazování materiálu
- b) Strukturní – napětí vznikající vlivem časového posunu fázových transformací v různých elementech materiálu

➤ *Dle doby existence*

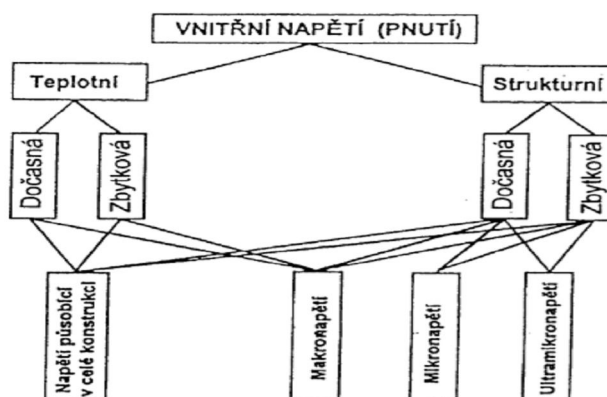
- a) Dočasná – napětí působí v materiálu pouze po určitou dobu kdy existuje příčina, která vede k jejich vzniku
- b) Zbytková – napětí zůstávající v materiálu i po ukončení technologického procesu, který je vyvolal

➤ *Dle oblasti působení*

- a) Makroskopická – vznikají a vyrovnávají se v makroskopických objemech, mají určitý směr v souvislosti s geometrickým tvarem tělesa
- b) Mikroskopická – vznikají v mikroskopických objemech tělesa (v oblasti jednotlivých krystalů), nezávisí na velikosti a tvaru tělesa a nemají určitý směr
- c) Submikroskopická – vznikají v submikroskopických objemech tělesa (v oblasti elementárních buněk krystalické mřížky) a z hlediska vnitřních deformací těles nemají praktický význam

➤ *Dle směru působení vzhledem k ose svaru*

- a) Podélná – působí ve směru osy svaru
- b) Příčná – působí ve směru kolmém na osu svaru

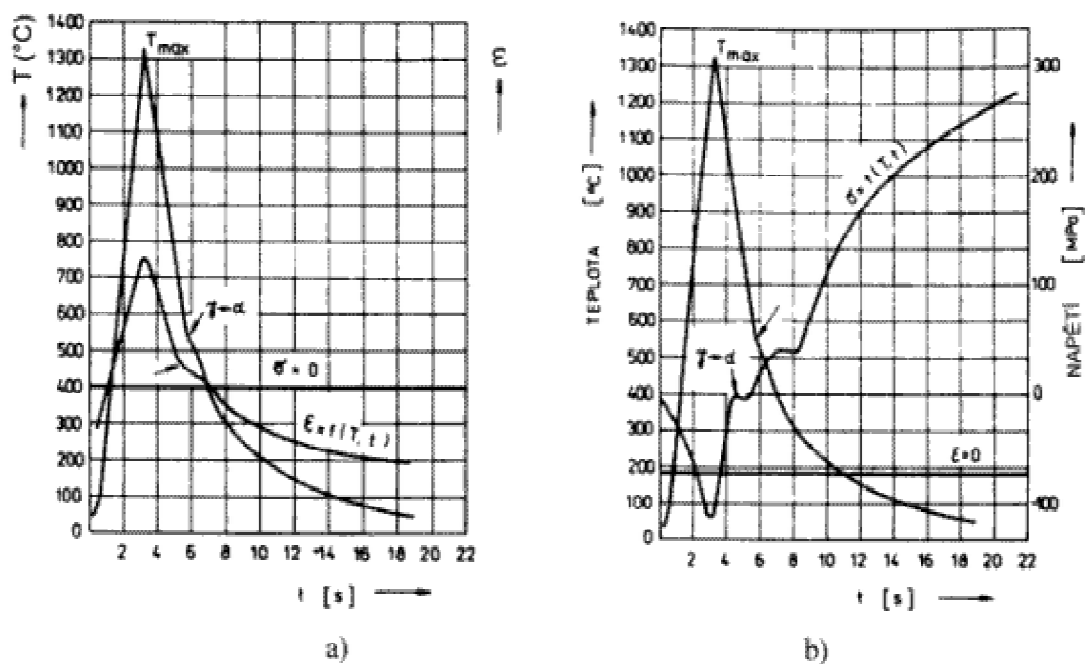


Obr. 5 Schéma rozdělení vnitřních napětí

Mechanismus vzniku napětí a deformací při svařování

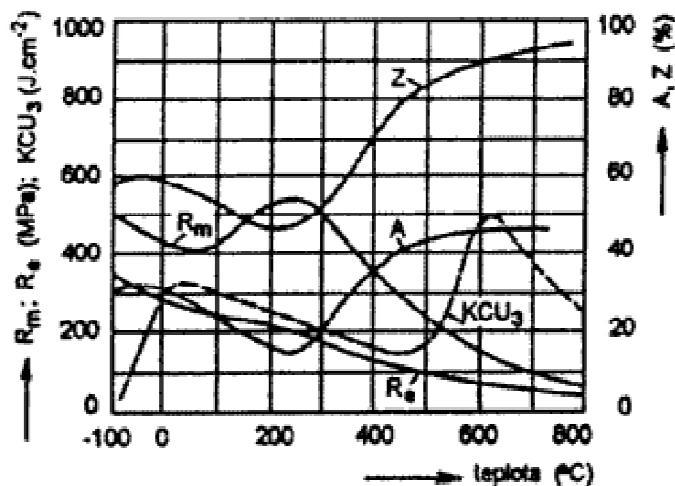
Rozdělení teplot v okolí svarů je závislé na fyzikálních vlastnostech základních materiálů, na efektivním výkonu zdroje tepla (množství tepla vneseného na jednotku délky svaru) a rychlosti svařování. V důsledku teplotních dilatací a nerovnoměrného rozložení tepla ve fázi ohřevu i ochlazování svařovaných dílců. Na Obr. 6 a) je znázorněn výsledek záznamu teplotního a deformačního cyklu v podhousenkové oblasti vzorku z mikrolegované oceli s volným upnutím, tzn., že během celého teplotního cyklu bylo osově napětí nulové.

Jestliže za stejných podmínek teplotního cyklu budeme simulovat tuhé upnutí vzorku, tzn., že během celého teplotního cyklu dosáhneme nulové deformace viz. Obr. 6 b). [3]



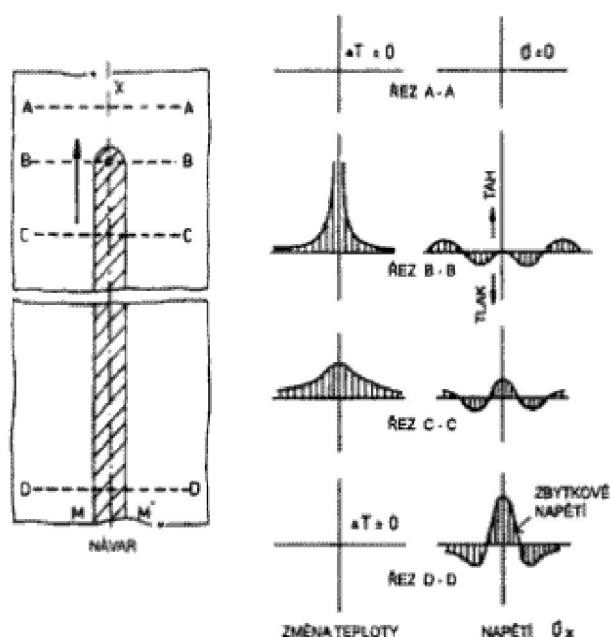
Obr. 6 Model vzniku napětí a deformace při jednoosé napjatosti [3]

Pro velikost zbytkových vnitřních napětí má významný vliv teplotní závislost meze kluzu a celkové plastické vlastnosti základního materiálu. Na Obr. 7 jsou teplotní závislosti mechanických vlastností pro nízkouhlíkovou nelegovanou ocel. [3]



Obr. 7 Závislost mechanických vlastností na teplotě [3]

Na deformační a napěťový cyklus má velký vliv stav polotovaru po předchozích výrobních operacích. Deformační a napěťový cyklus zasahuje podstatně větší oblast než je TOO svaru (viz Obr. 3). [3]



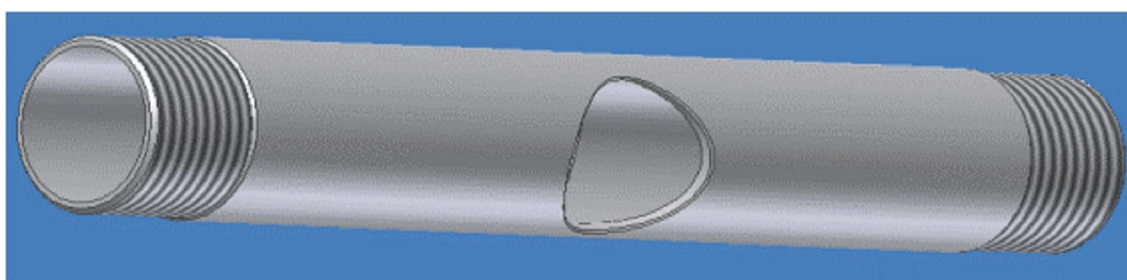
Obr. 8 Schéma vývoje podélných napětí [3]

Vnitřní napětí a deformace jsou jevy, které provázejí jakýkoli svařovací proces. Napětí vznikající během svařování ovlivňuje zejména svařitelnost, ale také životnost konstrukce. Negativní působení se projevuje u všech typů trhlin vznikajících bezprostředně během svařování a také jsou příčinou vzniku trhlin při následném tepelném zpracování svařenců, křehkých trhlin, únavových lomů během provozu. Zvyšují riziko korozního napadání v oblasti svarů a jsou jedním z faktorů pro výskyt trhlin vlivem koroze (korozní praskání). Jsou příčinou vzniku deformací svařenců při následném **třískovém opracování**. [3]

2. Návrh technologie výroby nátrubku

Nátrubek se používá pro rozvětvení potrubí. Z hlediska konstrukčního a malého vnitřního přetlaku v potrubí konstrukce byla předepsána pro zhotovení potrubí podélně svařovaná hladká trubka.

Nátrubky 1 a 2 jsou tvořeny oboustranným trubkovým závitem na obou koncích o velikosti G2" a vrtaným otvorem kolmo na osu rotace nátrubku Ø50 mm. Označení nátrubku odečteno z výkresové dokumentace.

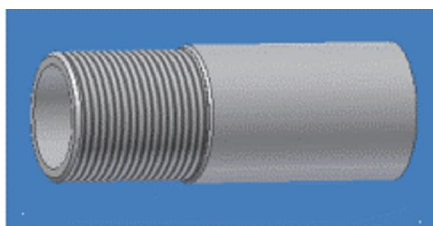


Obr. 9 Model nátrubku 1 a nátrubku 2

Schématický postup technologie výroby nátrubku 1 a nátrubku 2

Operace	Popis práce	Stroj
0010	Upichování	Konvenční soustruh SU 50
0030	Soustružení trubkových závitů G2"	NC soustruh SPT 16
0040	Vrtání otvoru Ø50 mm kolmo na osu rotace nátrubku	Konvenční soustruh SU 50
0020	Ruční úprava	-

Nátrubkem 3, který obsahuje pouze jednostranný trubkový závit G1". Označení nátrubku odečteno z výkresové dokumentace.



Obr. 10 Model nátrubku 3

Schématický postup technologie výroby nátrubku 3

Operace	Popis práce	Stroj
0010	Upichování	Konvenční soustruh SU 50
0030	Soustružení trubkových závitů G1"	NC soustruh SPT 16
0020	Ruční úprava	-

2.1. Materiál **S235G2T**

Trubky dle normy DIN 2391-2 se používají hlavně v případech, kdy záleží na přesnosti rozměrů. Je požadována dobrá jakost povrchu s definovanými mechanickými vlastnostmi. Polotovár spadá do jakostní skupiny A – přesné trubky bez zvláštních požadavků, dodávané s atestem nespecifickým. Trubky splňují požadavky technologických zkoušek dle EN 10233. [7]

Tab. 1 Chemické složení materiálu [7]

Druh oceli	Chemické složení v [%]					
	C max.	Si max.	Mn	P max.	S max.	Ostatní přípustné přísady
S235G2T	0,17	0,35	≥ 0,40	0,025	0,025	Nb+Ti+V ≤ 0,05%

Svařování a svařitelnost

Trubky z oceli S235G2T jsem vzhledem k chemickému složení a způsobu výroby dobře svařitelné. Mechanické hodnoty v pásmu ovlivněném svařem se mění, především díky dovoleným odchylkám chemického složení. Tuto skutečnost je třeba při hodnocení svařitelnosti dílců brát v úvahu. [7]

Tab. 2 Dovolená odchylka v hmot. [7]

Prvek	Dovolená odchylka tavby
C	+ 0,02
Si	+ 0,03
Mn	+ 0,06 popř. – 0,06
P	+ 0,005
S	+ 0,005
Nb	+ 0,01

Předepsaný materiál dle výkresové dokumentace je trubka podélně svařovaná hladká. Tr Ø60,3 x 4,5 pro zhotovení Nátrubku 1 a 2. Pro Nátrubek 3 navržen polotovár Tr Ø33,7 x 4,05



Obr. 11 Foto podélně svařované hladké trubky



Obr. 12 Foto detailu švu trubky

Jakost povrchu

Následkem tváření za studena mají trubky hladký vnitřní i vnější povrch. Všeobecně lze očekávat minimální drsnost povrchu $R_a \leq 6,3 \mu\text{m}$. Nepatrné nepravidelnosti povrchu, jako jsou např. vyvýšeniny, prohlubně nebo mělké rýhy vzniklé při výrobě jsou přípustné, pokud nejsou překročeny mezní rozměry vnitřního a vnějšího průměru.

Vady nepatrné hloubky lze přiměřeným způsobem odstraňovat, pokud nejsou překročeny mezní rozměry vnitřního a vnějšího průměru. Pleny, přeložky a zdvojeniny nejsou přípustné. [7]

2.2. Soustruh SU50

Konvenční stroj, jehož hlavní předností jsou nižší náklady zejména provoz v nižších režimech a také průchozí vřeteno, které lze využít k dělení materiálu pomocí upichování. Dělení materiálu lze provádět na výslednou délku dle výkresu.

Na tomto stroji lze provést vrtání otvoru $\varnothing 50 \text{ mm}$ kolmo na osu rotace nátrubku. Pro upnutí využijeme suport, na který se upne svěrák s dorazem. Nástroj - vrták bude vložen do vřetena stroje, pomocí redukce Morse. Tím docílíme strojní vrtání místo klasického ručního vrtání, jak jsme u konvenčního soustruhu zvyklí. Operace vrtání otvoru se provádí jen u Nátrubku 1 a 2, která je řazena až po zhotovení trubkových závitů G2" pro docílení větší tuhosti upnutí při soustružení trubkového závitu na NC stroji.

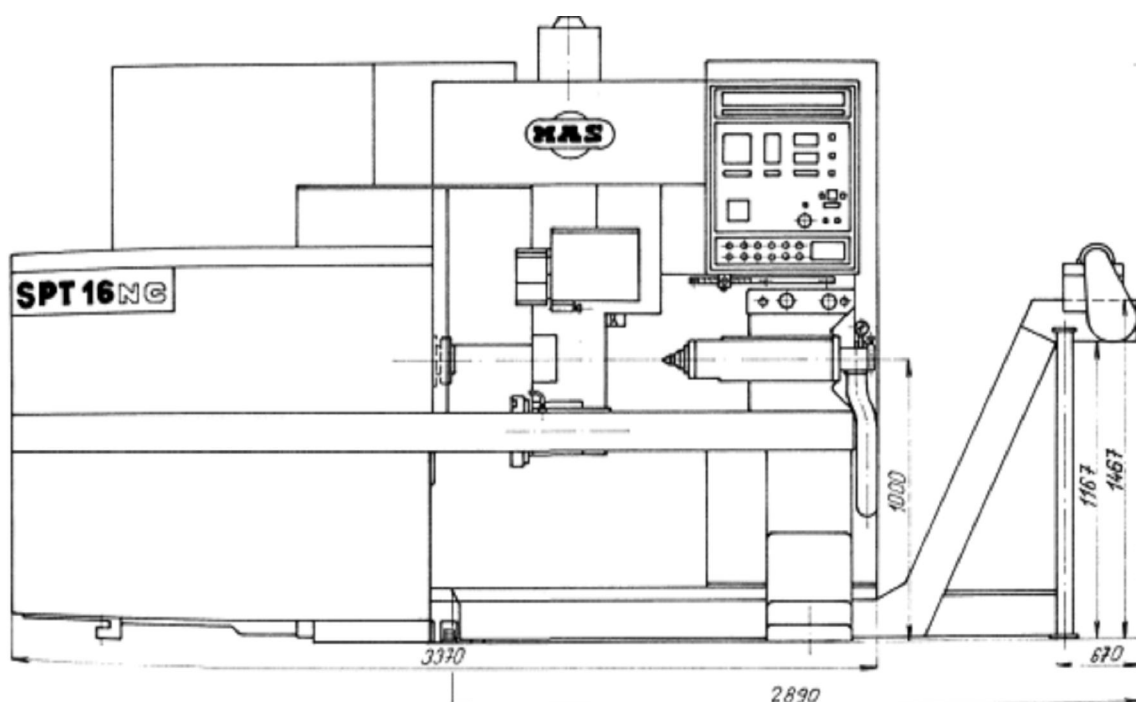


Obr. 13 Konvenční soustruh SU 50A

2.3. Stroj SPT 16 NC

Číslicově řízený soustružnický poloautomat je určen pro automatizaci malosériové a středně sériové výroby přírubových a hřídelových součástí. Procesní cyklus je plně automatický, číslicově řízený dle předem zhotoveného NC programu.

Stroj má dvě nástrojové hlavy, což je ideální pro danou výrobu trubkových závitů, kdy při procesu soustružení bude použito dvou soustružnických nožů a tudíž nebude docházet k otáčení nástrojových hlav. Dále hydraulickým koníkem, který lze podepřít nátrubky za pomoci unášečů. Tento stroj využijeme k soustružení trubkových závitů G1" a G2". [6]



Obr. 14 Schéma stroje SPT 16 NC [6]

Technické parametry stroje SPT 16NC [6]

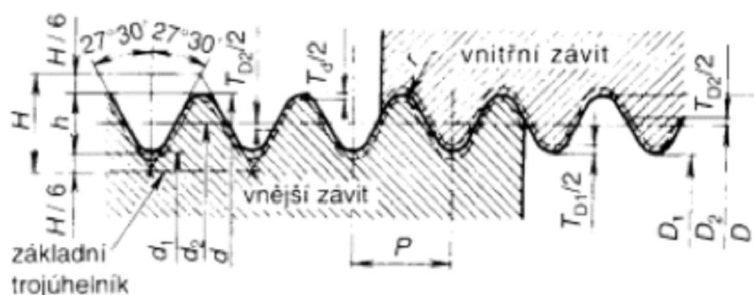
Hlavní technické údaje:

➤ maximální průměr soustružení - hřídele	mm	160
- příruby	mm	200
➤ maximální délka hřídelové součásti	mm	420
➤ maximální délka přírubové součásti	mm	120
➤ kužel dutiny vřetena ČSN 20 0421	MORSE	6
➤ celkový rozsah otáček vřetene	min ⁻¹	40 – 4000

1. rozsah otáček	min^{-1}	40 – 1000
2. rozsah otáček	min^{-1}	160 – 4000
➤ počet poloh nástrojových hlav horní/dolní		5/5
➤ čas natočení hlavy o jednu polohu	sec	1,3
➤ minutové posuvy – rozsah	mm	5 – 2000
➤ minutový rychloposuv – podélný i příčný automat. cyklus	mm	6000
➤ maximální posuvová síla – příčně	N	10 000
- podélně	N	15 000
➤ celkový příkon stroje	kVA	45

3. Soustružení trubkových závitů G1" a G2" na NC stroji SPT 16

Pro zhotovení trubkových závitů G1" a G2" využijeme druhou otáčkovou řadu z hlediska značného odporu při soustružení.



Obr. 15 Schéma trubkového závitu s úplným profilem [5]

Tab. 3 Rozměry trubkových závitů ISO 228 – G1 1/2A [5]

Označení velikosti závitů	Počet roztečí na délce 25,4 mm	Rozteč [mm]	Výška profilu závitu [mm]	Velký Ø [mm]	Střední Ø [mm]	Malý Ø [mm]
1	11	2,309	1,479	33,249	31,77	30,291
2	11	2,309	1,479	59,614	58,135	56,656

Tab. 4 Tolerance trubkových závitů ISO 228 – G1 1/2A [5]

Označení velikosti závitů	Tolerance malého průměru		Tolerance velkého průměru	
	Vnitřní závit		Vnější závit	
	Dolní úchylka	Horní úchylka	Dolní úchylka	Horní úchylka
1	0	+0,640	0,360	0
2	0	+0,640	0,360	0

3.1. Návrh technologie výroby

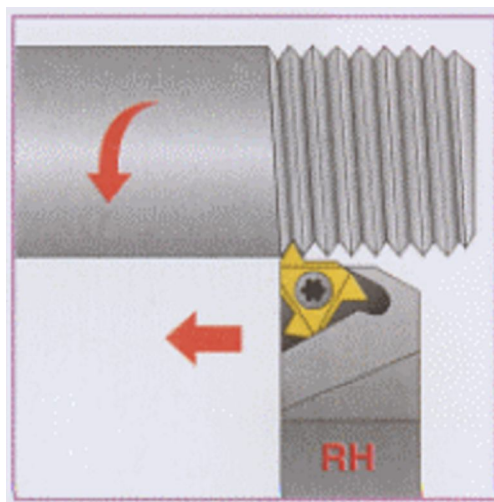
Důležitý parametr, se kterým je nutno předem počítat je samotný polotovar, kdy trubka je švová, což nám při obrábění přináší přerušovaný řez v podobě podélného svaru. Dále také ovalovitost a kruhovitost trubky nám způsobí hazivost při rotačním způsobu obrábění polotovaru.

Sled soustružnických operací se skládá pouze z přesoustružení povrchu trubky na velký průměr závitu s přídavkem 0,1 mm v délce 37 mm a soustružení trubkového závitu G1" (G2") dle druhu Nátrubku.

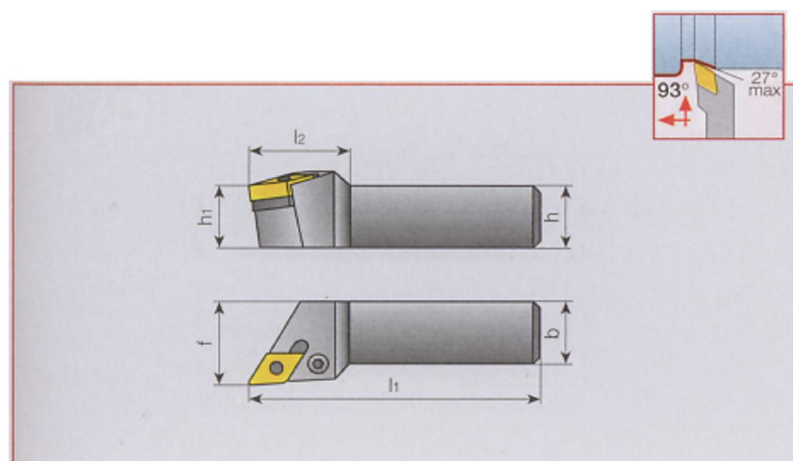
Návrh nástrojových držáků a jejich vyměnitelné břitové destičky je přizpůsoben pro upnutí polotovaru za pomoci unášeče a koníku.

Nástrojový držák PDJNR/L 2525 M-11 (viz. Obr. 17) bude upnutý v horní nástrojové hlavě, zatím co nástrojový držák SER/L 2525 M16 (viz. Obr. 19) v dolní nástrojové hlavě, čímž docílíme odstranění otáčení nástrojových hlav.

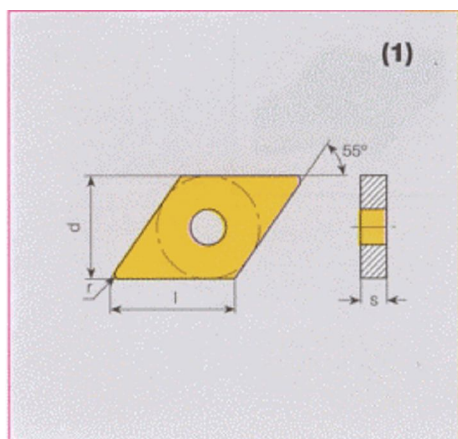
NC program byl zhotoven pomocí programu KOVOPROG. Soustružené trubkové závity G1" a G2 " jsou pravé, což znázorňuje schématický Obr. 16.

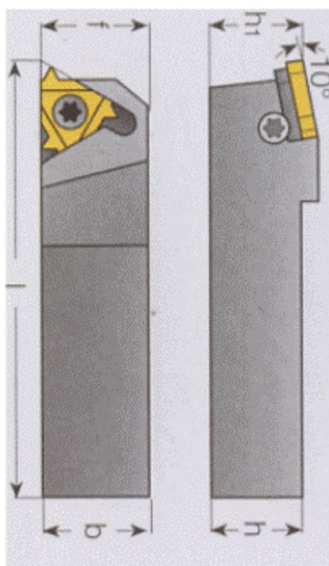


Obr. 16 Schéma soustružení pravého závitu [4]

Nástrojové držáky:**Obr. 17 Nástrojový držák firmy Iscar PDJNR/L 2525M-15 [4]****Tab. 5 Parametry nástrojového držáku firmy Iscar PDJNR/L 2525M-11 [4]**

Typ	$h = h_1$ [mm]	b [mm]	I_1 [mm]	I_2 [mm]	f [mm]
PDJNR/L 2525M-11	25	25	150	30	32

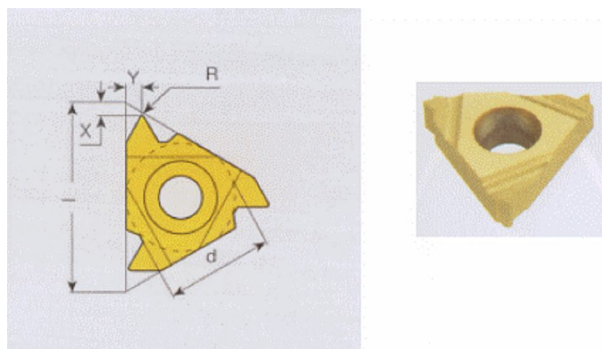
**Obr. 18 Vyměnitelná břitová destička Iscar DNMG 110404-TF [4]**



Obr. 19 Nástrojový držák firmy Iscar SER/L 2525 M16 [4]

Tab. 6 Parametry nástrojového držáku firmy Iscar SER/L 2525 M16 [4]

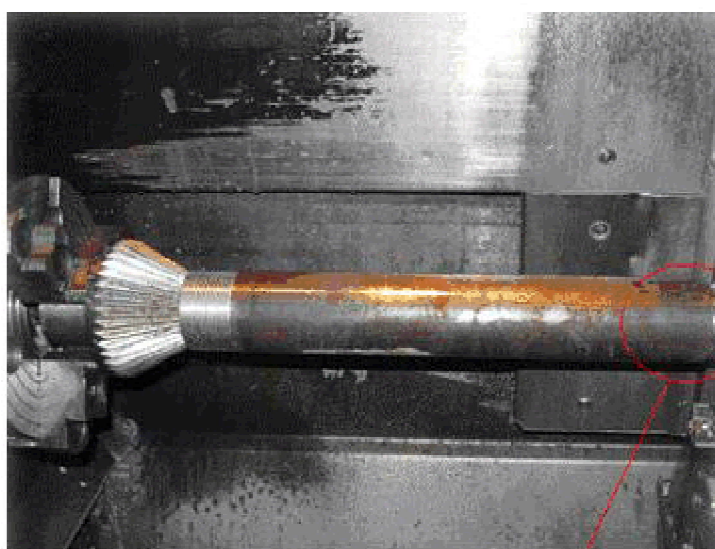
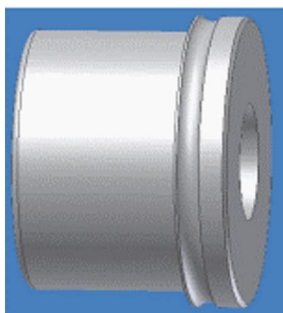
Typ	$h = h_1$ [mm]	b [mm]	I [mm]	f [mm]
SER/L 2525 M16	25	25	150	25



Obr. 20 Vyměnitelná břitová destička Iscar 16 ER A55 [4]

Upnutí polotovaru:

- *Upnutí polotovaru pomocí rýhovaného unášeče a koníku s redukční vložkou válcovou:*

**Obr. 22****Obr. 21 Foto upnutí trubky z výroby [6]****Obr. 22 Redukční vložka válcová [6]**

Rýhovaný unášec přenáší krouticí moment vřetene na polotovar a vystředuje trubku za pomoci tlaku koníku přes redukční vložku válcovou (viz. Obr. 22), která je opatřena kuželovým otvorem, kdy kužel je shodný s hrotem koníku.

Při působení řezných sil zejména u soustružení trubkového závitu dochází k mírným vibracím mezi redukční vložkou válcovou a trubicí. Je to způsobeno ovalovitostí švové trubky, kdy u některých trubek lze redukční vložku lehce vsunout a objevuje se zde vůle, zatím co u jiných trubek je nutno redukční vložku nalisovat.

K zajištění větší tuhosti upnutí polotovaru nelze použít ani zvýšení tlaku v koníku, jelikož dojde k roztažení opačného konce trubky na kuželovém rýhovaném unášечи. Nedocílení dostatečné tuhosti přineslo v soustružení závitu pouze vylamování vyměnitelné břitové destičky (viz. Obr. 22). Tento způsob upnutí sebou nese také komplikaci při měření trubkového závitu pomocí kalibru, který lze aplikovat až při vytažení polotovaru z pracovního prostoru stroje.



Obr. 22 Foto opotřebení vyměnitelné břitové destičky při 5 násobném zvětšení

Velikost opotřebení vyměnitelné břitové destičky (viz Obr. 22) dosahuje hodnoty okolo 0,5 mm, tudíž nedošlo při soustružení trubkového závitu k dosažení požadované hloubky, což vedlo k vytvoření zmetkového kusu, který naznačil nevhodnost tohoto upnutí a také jeho další použití.

Pro ujištění bylo provedeno opakované soustružení trubkového závitu za stejných podmínek na novém polotovaru a také s výměny vyměnitelné břitové destičky za jiný kus (viz. Příloha 2).

- *Upnutí polotovaru pomocí rýhovaného unášeče a koníku s redukční vložkou kuželovou:*

Tento druh upnutí vychází ze snahy docílit větší tuhosti upnutí, zejména přizpůsobit se ovalovitosti a kruhovitosti, se kterou byly švové trubky vyrobeny. Tato snaha se neubírala zvýšením přtlaku v hydraulickém koníku, z důvodu použití kuželového rýhovaného unášeče, který nám díky vyššímu tlaku deformoval opačný konec trubky, než kterou právě obrábíme.

Z tohoto důvodu byla nahrazena redukční válcová vložka za vložku kuželovou (viz. Obr. 23) .



Obr. 23 Redukční vložka kuželová [6]

Aby došlo k zhotovení prvního závitu musely se snížit parametry obrábění a dopsat věty do NC programu.

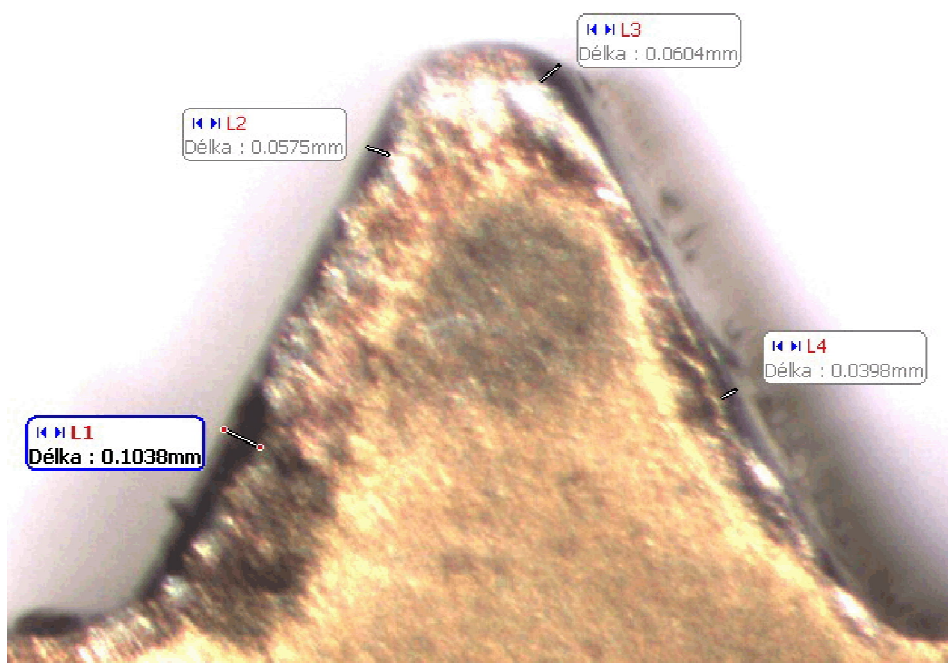


Obr. 24 Foto upnutí trubky z výroby [6]

Ve srovnání s předchozím upnutím došlo k výměně redukční vložky válcové za redukční vložku kuželovou.

Hlavním cílem bylo dosažení větší tuhosti upnutí. Pomocí „kuželového upnutí“ konkrétně rýhovaného unášече, který lze upnout do hydraulického sklíčidla nebo také přímo do vřetene stroje, které je opatřeno Morse kuželem. Po demontáži sklíčidla a vložením rýhovaného unášече do vřetene stroje docílíme zvětšení pracovního prostoru, než který udává výrobce stroje. Další výhoda spočívá v úspoře elektrické energie, především roztáčení a také brzdění vřetene elektromotorem.

Hlavní nevýhoda tohoto upnutí spočívá v roztažení konce trubky pomocí kuželů a to buď přítlačnou silou koníku, nebo silou vyvolanou odporem při obrábění. Proto do NC programu byly vloženy čtyři nové věty samotného řezání závitu, nájezdy, odskoky a přejezdy soustružnického nože při závitovém cyklu. Toto řešení sice přineslo odstranění vylamování vyměnitelné břitové destičky (viz. Obr. 25), ale také prodloužení doby zhotovení každého závitu. Prodloužení časové normy by mělo za následek pouze zvýšení celkové ceny, avšak snaha zákazníka je do budoucna cenu snížit. Tento způsob výroby je tudíž nutno zavrhnout a zaměřit se především na zkrácení NC programu a tím také na snížení celkového výrobního času.



Obr. 25 Foto opotřebení vyměnitelné břitové destičky při 5 násobném zvětšení

➤ *Upnutí polotovaru pomocí sklíčidla s minimálním vyložením potřebným pro obrábění*

Nejvhodnější a také nejjednodušší pro vyzkoušení tohoto způsobu upnutí se nabízí Nátrubek 3, nejen svou velikostí, ale také tím, že je opatřen pouze jedním závitem.

Pro upnutí bylo použito hydraulické sklíčadlo, které disponuje dorazem a v kombinaci s tvrdými čelistmi bylo dosažení vyložení polotovaru 39 mm (měřeno od tvrdých čelistí po konec polotovaru) při obrábění trubkového závitu v délce 35 mm. Byl upraven stávající NC program, který je přiložen v příloze 2. této diplomové práce.

Tento způsob výroby Nátrubku 3 s minimálním vyložením polotovaru vedl jako inspirace pro dosažení stejného výsledku při upnutí Nátrubku 1 a 2, kdy se nabízelo využití ručního sklíčidla s kombinací uvolnění dutiny vřetene. Pro Nátrubky 1 a 2 muselo být použito ruční sklíčadlo (viz. Obr. 26 a Obr. 27), které je opatřeno vnitřním otvorem dostatečným pro vsunutí polotovaru do vřetene stroje.



Obr. 26 Ruční sklíčadlo s přírubou a polotovarem [6]



Obr. 27 Čelní pohled upnutí polotovaru [6]

Zbývalo vyřešit poslední problém, který se skrýval ve vytvoření dorazu. Nabízela se možnost vysunout polotovar pomocí hloubkoměru a následně upnout, ale při sériovosti byla tato varianta zavržena.

Byl vysoustružen silonový doraz a našroubován do vřetene stroje na místě, kde je uchyceno táhlo hydraulického sklíčidla.

4. Technicko - ekonomické ověření navržené technologie v praxi

4.1. Technologie soustružení trubkových závitů

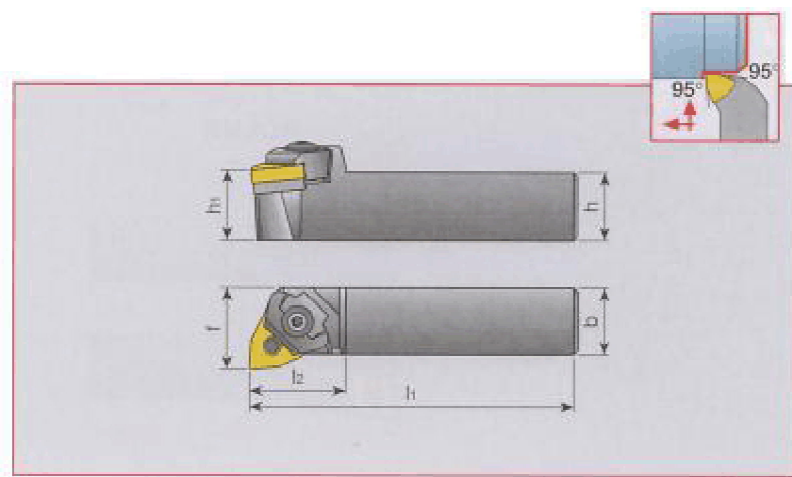
Při upnutí polotovaru Nátrubku 1 a 2 pomocí rýhovaného unášeče a koníku s redukční vložkou válcovou nebyla docílena dostatečná tuhost (viz. Obr. 28). Vlivem působení řezných sil docházelo k uvolnění polotovaru na redukční vložce válcové už při soustružení požadovaného průměru pro zhotovení trubkového závitu.



Obr. 28 Foto zmetkového kusu

Navržená technologie upnutí s minimálním vyložením polotovaru, za pomoci sklíčidla, nám umožňuje soustružení čela polotovaru na konečnou délku, odoštění hrany v díře a přípravu povrchu materiálu pro soustružení trubkového závitu. Tudíž lze také polotovar dělit pomocí pásové pily s přídatkem pro obrábění a odpadne ruční úprava polotovaru.

Konkrétně došlo na změnu vyměnitelné břitové destičky WNMG 06T304 - SF od firmy ISCAR, která je opatřena šesti břity. Samozřejmě musí dojít ke změně nástrojového držáku MWLNR/L 2525M – 06W (viz. Obr. 29).



Obr. 29 Schéma nástrojového držáku MWLNR/L 2525M

Vrtaný otvor kolmo na osu u Nátrubku 1 a 2 převedeme na obráběcí centrum.

Tento způsob upnutí usnadňuje seřizování zakázky a samotné měření závitu při výrobě, kdy upnutí polotovaru nám nebrání měření na stroji pomocí kalibru. Odpadá měření na stroji pomocí např. mikrometru (viz. Obr. 30).



Obr. 30 Měření trubkového závitu pomocí mikrometru

Tab. 7 Schématický postup navržené technologie výroby nátrubků

Nátrubek 1 a 2		Nátrubek 3	
<i>operace</i>	<i>stroj</i>	<i>operace</i>	<i>stroj</i>
dělení mat.	PÁSOVÁ PILA	dělení mat.	PÁSOVÁ PILA
soustružení Tr závitu	SPT 16 NC	soustružení Tr závitu	SPT 16 NC
Vrtání otvoru Ø50 mm	OBRÁBĚCÍ CENTRUM		

4.2. Snížení výrobního času při soustružení

Zefektivnění sebou přineslo dostatečnou tuhost při upnutí polotovaru, čím mohlo dojít k navýšení rezných podmínek a tím ke snížení celkového času soustružení.

Další časovou úsporu by přinesla investice do samotného stroje prostřednictvím výměny pohonů a dalších opotřebovaných částí stroje SPT 16 NC, také samotná výměna řídicího systému např. Sinumerik 810D/ 840D by vedla k této úspoře.

4.2.1. Řídicí systém Sinumerik 810D/ 840D

Tento řídicí systém ve srovnání se zastaralým systémem NS660, kterým je stroj SPT 16 vybaven spočívá především ve zjednodušení programování NC stroje, konkrétně se jedná o využití cyklů (viz. Tab. 8 a Tab. 9). Také umožňuje rychlé ruční programování na samotném stoji.

Tab. 8 Seznam cyklů [6]

<i>Vrtací cykly</i>	
Cycle 81	Vrtání, navrtávání
Cycle 82	Vrtání, čelní zahloubení
Cycle 83	Hluboké vrtání
Cycle 83E	Hluboké vrtání
Cycle 84	Řezání závitu bez délkové kompenzace
Cycle 84E	Řezání závitu bez délkové kompenzace
Cycle 840	Řezání závitu s délkovou kompenzací

Tab. 9 Seznam cyklů [6]

<i>Soustružnické cykly</i>	
Cycle 93	Zapichovací cyklus
Cycle 94	Cyklus odlehčovacího zápichu
Cycle 95	Hrubovací cyklus
Cycle 96	Cyklus zápichu za závitem
Cycle 97	Cyklus řezání závitu
Cycle 98	Cyklus řetězení závitu

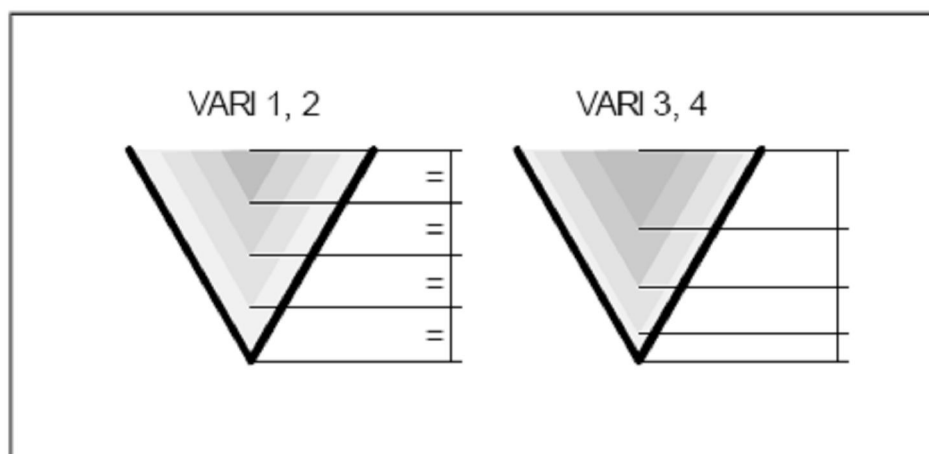
Cyklus řezání závitů (Cycle 97)

Pomocí cyklu pro řezání závitů je možno zhotovit válcové nebo kuželové, vnitřní nebo vnější závit s konstantním stoupáním. Závitů mohou být jedno nebo vícechodé. U vícechodých závitů jsou jednotlivé chody zhotoveny po sobě. Právě nebo levé závitů jsou určeny směrem otáček vřetene, které jsou programovány před cyklem. Zadat je možno buď konstantní přířuv, nebo konstantní průřez třísky. [6]

Průběh cyklu začíná najetím startovního bodu dráhy náběhu s G0. Přířuv pro hrubování odpovídá hodnotě VARI, která stanoví vnitřní/vnější obrábění a způsob přířuvu. VARI může mít hodnoty od 1 do 4 (viz. Tab. 10 a Obr. 31). [6]

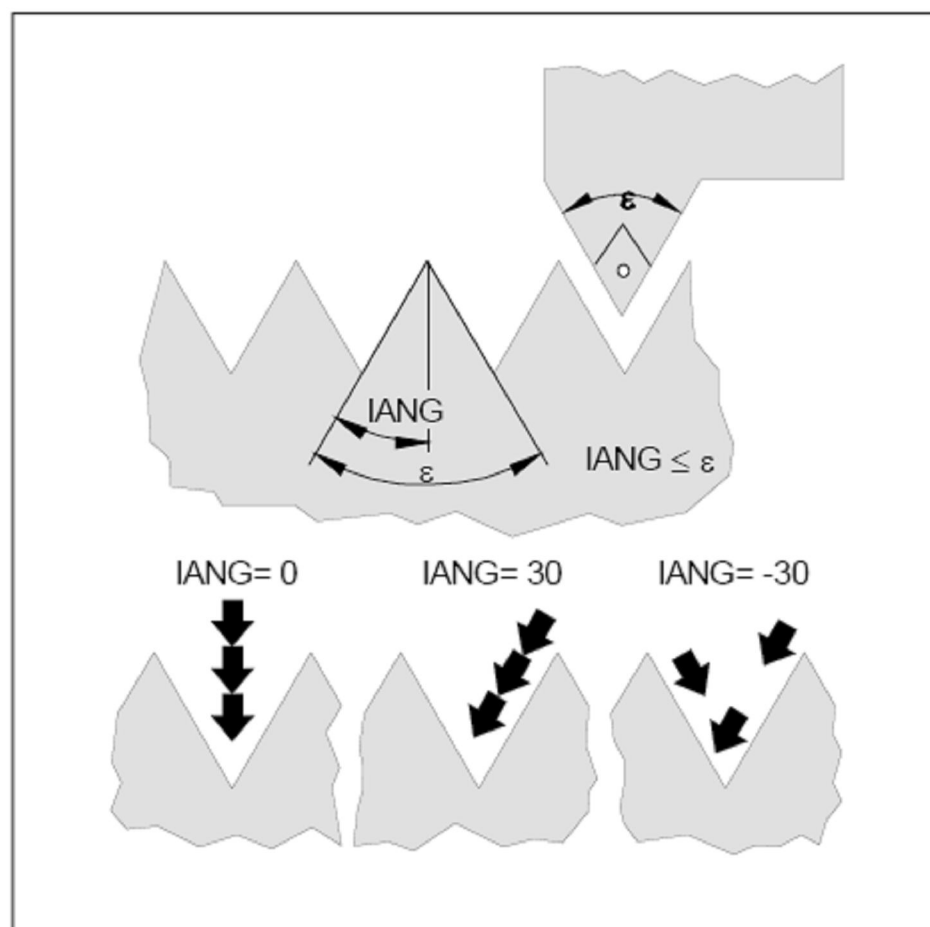
Tab. 10 Hodnoty funkce VARI [6]

<i>VARI</i>	<i>vnitř./vnější</i>	<i>přířuv</i>
1	vnější	konstantní přířuv, stoupající průřez třísky
2	vnitřní	konstantní přířuv, stoupající průřez třísky
3	vnější	konstantní průřez třísky, klesající hloubka přířuvu
4	vnitřní	konstantní průřez třísky, klesající hloubka přířuvu



Obr. 31 Grafické znázornění funkce VARI [6]

Lze ovlivnit také úhel přísluvu funkcí **IANG** (viz. Obr. 32).



Obr. 32 Grafické znázornění funkce IANG [6]

- **Kolmý přísluv:** Má-li se provést přísluv kolmý (kolmo k závitu), programuje se $IANG = 0$.
- **Přísluv po bloku:** Hodnota IANG smí být maximálně polovina úhlu závitu (např. pro metrický závit max. 30°).
- **Přísluv střídavě po blocích:** Naprogramuje-li se záporná hodnota pro IANG, bude přísluv probíhat střídavě po obou bocích.

4.3. Ekonomické hledisko

Výsledný strojní čas soustružení jednoho trubkového závitu G1" tedy činí 2 Nmin. a G2" činí 2,5 Nmin.. Hodinová sazba NC soustruhu SPT 16 NC činí 420 Kč. Předpokládaná roční výroba je odhadnuta na cca 1800 hřídelí. [6]



Obr. 33 Foto z výrobního procesu

Tab. 11 Kalkulace ceny soustružení trubkových závitů na stroji SPT 16 NC [6]

Trubkový závit	Nmin.	Cena
G1"	2	14,-
G2"	2,5	17,-

Shrnutí a Závěr:

Diplomová práce byla vypracována na téma: „Výroba nátrubku pro rozvětvení potrubí.“

V rámci stanoveného rozsahu je v prvním bodě zhodnocen rozbor výroby švových trubek a svařovaných strojních součástí.

V druhém bodě jsou představeny požadované výrobky s teoretickým návrhem technologie a s ohledem na využitelnost kapacit strojů SU 50 a SPT 16 NC. Je zde představen materiál, podélně svařovaná hladká trubka, která je ovlivněna výrobou válcováním a svařováním, což vyvolává napětí a deformace, které se uvolňují při narušení materiálu vlivem řezání závitů soustružnickým nožem. Samotná trubka se začne deformovat také za přispění upnutí při soustružení.

V třetím bodě jsou zpracovány tři návrhy upnutí tenkostěnných trubek na stroji SPT 16 NC s podrobnou analýzou.

Ve čtvrtém bodě je zpracována navržená technologie výroby trubkových závitů, která vychází ze samotného upnutí polotovaru. Výhody nespočívají jen v docílení větší tuhosti upnutí, ale také ve zkrácení závitového cyklu (zvýšení řezných podmínek a snížení počtu vět v NC programu). Nesmíme opomenout měření při výrobě, které lze provádět na samotném stroji za pomoci kalibru.

Došlo ke změně samotné technologie, kdy dělení materiálu je převedeno na pásovou pilu (kusy jsou řezány s přídatkem na obrábění). Tato opatření zajistí plynulou výrobu a především splnění požadavků zákazníka ohledně ceny výrobku.

V závěrečné části je návrh investice do zakoupení nového řídicího systému pro stroj SPT 16 NC.

Zpracovaná kalkulace ceny navržené technologie soustružení trubkových závitů G1" a G2" splňuje požadavky zákazníka.

Seznam Literatury:

TIŠTĚNÁ LITERATURA:

- [1] *Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení*. Kolektiv autorů. 1. vyd. Ostrava: 1999. 249 s. ISBN 80-85771-70-5.
- [2] FALTUS František a kolektiv. *Příručka svařování 3*. 3. vyd. Praha: 1955. 599 s.
- [3] KOUKAL, Jaroslav – SCHWARZ, Drahomír – HAJDÍK, Jiří. *Materiály a jejich svařitelnost*. 1. vyd. Ostrava: 2009. 241 s. ISBN 978-80-248-2025-5.
- [4] *Complete machining solutions turning tools*. Iscar Member IMC Group. Metric, 2008.
- [5] LEINVEBER, Jan – VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 3. vyd. Úvaly: 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7
- [6] *Obráběčství Bc. Radim Sonnek, výkresová a výrobní dokumentace*, 2010

INTERNETOVÉ STRÁNKY:

- [7] *Prirucka.bolzano.cz* [citováno 10. únor 2010]. Poslední úpravy 2004. Dostupné z: <<http://prirucka.bolzano.cz/cz/technickapodpora/technickaprirucka/Trubky/bezesve/TDP/DIN2391/>>
- [8] *smaturita.cz* [online]. [citováno 24. listopad 2009]. Poslední úpravy březen 2008. Dostupné z: <<http://smaturita.wz.cz/tech/131.doc>>

Děkuji tímto Ing. Jaromírou Adamcovi, Ph. D., Ladislavu Sonnkovi a Radce Gebauerové za projevenou ochotu a odborné poznatky při vypracování této Diplomové práce.